

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Синтез оксида меди для катализаторов конверсии монооксида углерода
УДК <u>546.561-31:547.057:544.478</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Алиев Азизбек Абдулазиз угли		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горлушко Дмитрий Александрович	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.03.01 Химическая технология	Ревва Инна Борисовна	к.т.н., доцент		

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Алиеву Азизбеку Абдулазиз угли

Тема работы:

Синтез оксида меди для катализаторов конверсии монооксида углерода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Провести литературный обзор по тематике выпускной квалификационной работы. В экспериментальной части описать использованное оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы. Объекты исследования: Объектом исследования является оксид меди, полученный методом периодического осаждения из водных растворов сульфата меди и карбоната натрия.
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Введение, литературный обзор, методика проведения экспериментов, результаты исследования, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение.</p> <p>Задачи: проанализировать влияние концентрации растворов на выход продукта и его свойства, опытным путем определить время разложения малахита, определение важнейшие характеристики оксида меди, исследовать состав полученного продукта путем рентгенофазного анализа, сравнить полученные результаты в ранее проведенных и сделать соответствующие выводы.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Рисунок конвертора оксида углерода (рисунок 1); Зависимость изменения массы оксидов от времени прокаливания при 300°C (рисунок 2); Рентгенограмма полученных продуктов (рисунок 3);</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p>(с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ</p>	<p>Горлушко Дмитрий Александрович</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Криницына Зоя Васильевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Скачкова Лариса Александровна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горлушко Дмитрий Александрович	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Алиев Азизбек Абдулазиз угли		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и Ресурсосбережения	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горлушко Дмитрий Александрович	к.х.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	к.т.н		

РЕФЕРАТ

Данная выпускная квалификационная работа выполнена на 79 страницах, содержит 4 рисунка и 31 таблицу. Использовано 65 источников.

Ключевые слова: сульфат меди (пятиводный), карбонат натрия, малахит, конверсия монооксида углерода, катализатор, метод периодического осаждения.

Объектом исследования является оксид меди (II), полученный методом периодического осаждения из водных растворов сульфата меди и карбоната натрия.

Целью данной работы является синтез оксида меди двухвалентного и изучение его свойств.

В процессе исследования проводились эксперименты по изучению влияния концентрации растворов и времени термообработки на свойства оксида меди таких как суммарный объем пор, истинная плотность и выход продукта.

В результате исследования были получены зависимости скорости разложения малахита от времени термообработки, опытным путем определена истинная плотность, суммарный объем пор, а также установлены оптимальные параметры процесса получения оксида меди (II).

Область применения: производство катализаторов для конверсии монооксида углерода.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Рентгенофазовый анализ (РФА) – идентификация различных кристаллических фаз и определение их относительных концентраций в смесях на основе анализа дифракционной картины, регистрируемый от исследуемых порошковых образцов.

Нормативные ссылки используются в работе:

1. ГОСТ 4165-78 Реактивы. Медь (II) сернокислая 5-водная. Технические условия.
2. ГОСТ 8379 Реактивы. Натрий углекислый. Технические условия.
3. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
4. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2013 г. N 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”
5. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
6. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
8. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
9. СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
10. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
11. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

12. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Обозначения, используемые в работе:

$\sum V_n$ – суммарный объем пор, см³/ г;

ΔG – привес адсорбента за счет поглощения бензола, г;

b – навеска материала, г;

ρ – плотность бензола, при 20°С, = 0,876 г/см³;

d – удельный вес (истинная плотность);

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i – го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i – го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Введение.....	11
1 Литературный обзор.....	12
1.1 Характеристика меди и её оксидов.....	12
1.2 Применение оксидов меди.....	16
1.2.1 Применение одновалентного оксида меди.....	16
1.2.2 Применение двухвалентного оксида меди.....	17
1.3 Катализаторы на основе оксида меди.....	17
1.3.1 Низкотемпературный катализатор конверсии оксида углерода (II)...	17
1.3.2 Промышленные катализаторы.....	20
1.4 Низкотемпературная конверсия монооксида углерода.....	20
1.5 Методы получения оксидов меди.....	22
1.5.1 Разложение кислородсодержащей соли меди.....	22
1.5.2 Электрохимический метод.....	23
1.5.3 Осаждение из растворов.....	24
2 Объекты и методы исследования.....	29
2.1 Характеристика объектов исследования.....	29
2.2 Методика проведения экспериментов.....	31
2.2.1 Получение продукта в результате периодического осаждения, промывки, сушки и прокаливания.....	31
2.2.2 Определение фазового состава продуктов.....	33
2.2.3 Методика определения суммарного объема пор по адсорбции паров бензола.....	34
2.2.4 Определение истинной плотности пикнометрическим методом.....	34
3 Результаты проведенного исследования и их обработка.....	36
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	43
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	43
4.2 SWOT-анализ.....	44
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	46
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	46
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	47

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	47
4.4 Бюджет научно-технического исследования.....	50
4.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования....	50
4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	52
4.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	53
4.4.4 Накладные расходы.....	54
4.5 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	55
5 Социальная ответственность.....	60
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	60
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	60
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	62
5.2 Профессиональная социальная безопасность.....	62
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	63
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	64
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	65
5.3 Экологическая безопасность.....	66
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	66
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	67
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей средой.....	68
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	69
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	69
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	70
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	70
Выводы.....	72
Список используемой литературы.....	73

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время высокодисперсные порошки на основе оксидов металлов играют большую роль в современной науке и технике. Для производства полупроводников, стекольных и керамических изделий, а также производства катализаторов и в других отраслях производства обширно используются оксиды металлов.

Рассматриваемый в данной работе метод периодического осаждения позволяет получить химически чистый оксид меди с высокоразвитой поверхностью, что имеет очень важное значение при его использовании во многих отраслях промышленности.

Целью данной выпускной квалификационной работы является получение оксида меди двухвалентного и изучение его свойств.

Для достижения поставленной цели работы необходимо решить следующие задачи:

- Провести литературный обзор, охватывающий такие тематики, как характеристика меди и её оксидов, синтез и применение медных оксидов, катализаторы на основе оксидов меди;
- Проанализировать влияние концентрации растворов на выход продукта и его свойства;
- Опытным путем определить время разложения малахита (термообработка);
- Определить важнейшие характеристики оксида меди;
- Исследовать состав полученного продукта путем рентгенофазового анализа;
- Сравнить полученные результаты с результатами в ранее проведённых работах и сделать соответствующие выводы.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Характеристика меди и её оксидов

В природе медь находится в самородном состоянии, а также в виде сульфидов и кислородных соединений. В земной коре ее содержание составляет всего 0,01 вес. %. В речной воде её содержание составляет $1 \cdot 10^{-7}\%$ по массе, а в морской воде $3 \cdot 10^{-7}\%$. В результате множество геологических процессов образовывается самородная медь, за счет восстановления соединений таких как малахит, куприт, и сульфиды. В качестве примесей самородная медь содержит окись Cu_2O , иногда железо, свинец, серебро, реже ртуть и золото. Среди более 250 минералов наиболее важными являются: халькопирит $CuFeS_2$, ковеллин CuS , халькозин Cu_2S , борнит Cu_5FeS_4 , малахит $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, хризоколл $CuSiO_3 \cdot 2H_2O$ и др. Самородная медь не представляет интереса для металлургической промышленности, так как она редко встречается в природе. Медь в периодической системы, Менделеева, находится в одиннадцатой группе. Атомный вес 63,5 и атомный номер 29 [1].

Во многих физиологических процессах живого организма участвуют ионы меди, вследствие чего в живых организмах содержание меди составляет $2 \cdot 10^{-4}\%$ по массе, а в крови человека – около 0,001 мг/л.

Медь – пластичный металл, в чистом виде ковкая и мягкая, розовато-красного цвета. Медь имеет металлический блеск. Она вытягивается в проволоку без особо трудности и прокатывается в очень тонкие листы. Слишком тонкие листы просвечивают. При просвечивании тонкие пленки меди имеют зеленовато-голубой цвет. Кристаллическая решетка гранецентрированная кубическая, температура кипения 2567°C , температура плавления достигает $1083,4^\circ\text{C}$, плотность составляет $8,92 \text{ г/см}^3$, в жидком фазовом состоянии при 1100°C – $8,36 \text{ г/см}^3$, рентгеновская плотность $8,93 \text{ г/см}^3$.

Медь в сухом воздухе практически не окисляется. В процессе нагревания тускнеет в результате образования оксидной пленки. Медь не реагирует с водородом, азотом, углеродом и кремнием. В процессе пропускания аммиака над

раскаленным металлом образует Cu_3N , а в аналогичных условиях при контакте с парами серы, селена и теллура на поверхности образуются соответствующие сульфиды, селены и теллуры [2].

В большинстве случаев показывает степень окисления +1 и +2. Важнейшие соединения меди:

- сульфат (медный купорос) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$;
- гидроксид $Cu(OH)_2$;
- карбонат $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$;
- сульфид CuS ;
- оксиды Cu_2O , CuO , Cu_2O_3 ;
- хлорид $CuCl_2 \cdot 2H_2O$;
- нитрат $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$.

Металлическая медь в компактном состоянии обладает красноватым цветом, в коллоидном состоянии имеет цвет от темно-зеленого до фиолетового. Является тяжелым металлом, плотность составляет $8,93 \text{ г/см}^3$, хороший проводник электричества и тепла в этом ей не уступает лишь серебро.

Медь легко реагирует с кислородом и образует два оксида: закись меди (Cu_2O) и двухвалентный оксид меди (CuO) и аналогичные гидроксиды.

Оксид меди (I) – (гемиоксид) Cu_2O , красновато-коричневые кристаллы с кубической решеткой ($a = 0,4270 \text{ нм}$, $z = 2$, пространственная группа $Pn3m$), в кристаллах Cu_2O имеет место линейно-тетраэдрическая координация атомов. В воде не растворяется и не реагирует. Реакция взаимодействия с натрий гидроксидом протекает по следующей реакции [2]:



Для гемиоксида характерно диспропорционирование:

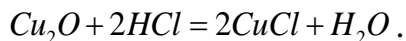


Температура плавления закиси меди составляет 1280°С. Полученные частицы Cu₂O методом осаждения примерно в 100 раз меньше и активнее, чем частицы Cu₂O, полученные сухим путем. Гемииоксид меди встречается в природе в виде минерала куприт. Путем электролиза раствора хлорида натрия с использованием электродов на основе меди получают гемииоксид меди [2, 3].

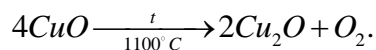
Гемииоксид, или оксид меди (I), Cu₂O. Обладает только основными свойствами. Часть солей меди (I) хорошо растворима, но довольно неустойчива и легко окисляется кислородом воздуха. Устойчивыми соединениями меди (I) являются, как правило, либо нерастворимые соединения (Cu₂S, Cu₂O, Cu₂I₂), либо комплексные соединения (Cu(NH₃)⁺² и др.). Если в кислотосодержащих кислотах, например, в серной растворят гемииоксид меди, то образуются медь и соли меди (II):



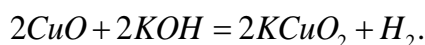
а при растворении в галогеноводородных кислотах – соли меди (I):



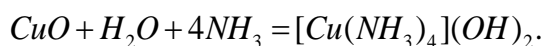
Оксид меди (II) – двухвалентный оксид меди (CuO), кристаллы черного цвета с моноклинной решеткой ($a = 0,46837$ нм, $b = 0,34226$ нм, $c = 0,51288$ нм, $\beta = 99,54^\circ$, $z = 4$, пространственная группа $C2/c$); плотность составляет 6,51 г/см³; температура плавления 1447°С (под давлением кислорода). Оксид меди (II) не растворяется в воде [2]. Оксид меди (II) при нагревании до температуры 1100°С разлагается по схеме:



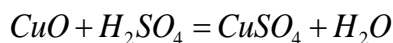
В процессе сплавления со щелочами оксид меди (II) образует купраты:



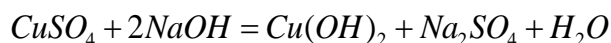
В водных растворах аммиака образует аммиакат:



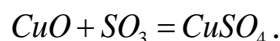
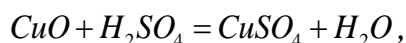
С кислотами оксид меди (II) образует соответствующие соли меди (II):



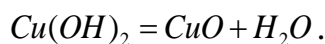
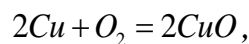
В природе оксид меди (II) встречается в виде минерала мелаконита. В производстве оксид меди (II) получают через гидроксид взаимодействием растворов гидроксида калия или натрия с сульфатом меди (II) при температуре 80°C:



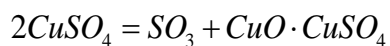
Оксид меди (II) обладает основными свойствами. Он может взаимодействовать с кислотами и кислотными оксидами:



Оксид меди (II) получают окислением меди при нагревании или прокаливанием гидроксида меди:



Медь образует гидраты сульфаты, сульфаты и основной сульфат. Сульфат меди (CuSO_4), имеет кристаллический вид, магнитная восприимчивость $+1,33 \cdot 10^{-3}$. В пентагидрате сульфата меди (II) вокруг меди координированы четыре молекулы. Хальконтит $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (медный купорос) является важнейшим гидратом меди. Пятиводный сульфат меди образует асимметричные ярко-синие кристаллы триклинной конфигурации. Пентагидрат сульфата меди (II) при 53,7°C претерпевает полиморфный переход; при 150°C отщепляет две кристаллизационной воды, а при 250°C переходит в безводную соль, которая при дальнейшем повышении температуры разлагается по реакции [2]:



а при дальнейшем нагревании температуры до 900°С полностью разлагается по схеме:



Пентагидрат сульфата меди (II) применяют в качестве компонента электролита при рафинировании металлической меди, пигмента в красках, депрессора в процессе флотации и т.д. [2].

Гидроокись меди в основном применяется для получения катализаторов, например, медно-магниевого для конверсии монооксида углерода и медно-алюминиевого для дожигания органических веществ и СО.

В промышленности чистую гидроокись меди получают осаждением из растворов солей двухвалентной меди, аммиакатов и гидролизом основных солей. Получение гидроокиси меди протекает через стадию образования основных солей и уже в процессе осаждения может разлагаться на окись меди и воду [4].

1.2 Применение оксидов меди

Применение оксидов меди способствовало бурному развитию химической промышленности. Они широко используются в различных отраслях современной химической промышленности. Известно, что оксиды меди используются в качестве красителей в производстве керамики, глазури для фарфора, эмалей, искусственных драгоценных камней и стекла. Они используются также для синтеза искусственного шелка. Далее рассмотрим применение двухвалентного и одновалентного оксидов меди в различных отраслях современной промышленности.

1.2.1 Применение одновалентного оксида меди

Гемиоксид меди применяют в качестве пигмента в производстве стекла, керамики и глазурей. Он является компонентом специальных красок, защищающих подводную часть судна от обрастания, а также в качестве фунгицида. Гемиоксид меди обладает полупроводниковыми свойствами, используется в медно-закисных выпрямителях в качестве полупроводника [2].

1.2.2 Применение двухвалентного оксида меди

В гальванотехники для приготовления электролитов часто применяется оксид меди (II). Для множества химических процессов является катализатором. Он сильный окислитель и только при температуре 400°C и выше разлагается. Можно использовать как высокотемпературный сверхпроводник. Оксид меди CuO окрашивает стекло в голубой, слегка зеленоватый цвет. При введении в состав стекла CuO в количестве 1-2 % можно получить чисто голубой цвет, если увеличить количество оксида меди стекло окрашивается в зеленый цвет. Также используется в качестве химического индикатора, который меняет цвет на розовый в процессе восстановления. А также широко применяется в качестве компонента гопкалита при изготовлении положительного электрода медноокисного элемента. Гопкалит – это катализатор на котором монооксид углерода окисляется с помощью кислорода до диоксида углерода [2].

Оксид меди применяется в качестве катализатора в озонных и обычных методах обезвреживания дымовых газов от SO₂ (NO_x) и дезодорации газовых выбросов промышленных предприятий.

1.3 Катализаторы на основе оксида меди

Оксид меди в качестве катализатора применяется во множестве химико-технологических процессах. Также он может выступать в качестве промоутера и содержаться в многокомпонентных контактных массах. Рассмотрим катализаторы и основные технологические процессы, где используется оксид меди.

1.3.1 Низкотемпературный катализатор конверсии оксида углерода (II)

В настоящее время низкотемпературные катализаторы марки НТК в состав которых входят оксиды меди, цинка, алюминия и хрома обширно используются в крупнотоннажных агрегатах синтеза аммиака. В таблице 1 приведены основные характеристики катализатора НТК-4 [5].

Таблица 1 – Основные характеристики катализатора НТК-4

Показатель	Значение показателя
Внешний вид	Цилиндрические таблетки черного цвета
Размеры таблеток, мм Диаметр, высота	5–6 5–4
Содержание, % мас.: CuO Cr ₂ O ₃ ZnO Al ₂ O ₃	51,0–57,0 12,5–15,5 9,5–12,5 17,6–21,6
Плотность насыпная, г/см ³	1,5–1,6
Удельная площадь поверхности, м ² /г	50–60
Объем пор, % не менее	35–40

Для приготовления контактной массы НТК используются следующие основные виды сырья [5]:

- Оксид цинка – ZnO;
- Графит марки С1 или С2;
- Гидрокарбонат меди (малахит) – CuCO₃·Cu(OH)₂;
- Хромовый ангидрид – Cr₂O₃;
- Гидроксид алюминия – Al(OH)₃.

Методом механического смешения исходных компонентов по «мокрому» способу получают катализаторы марки НТК-4.

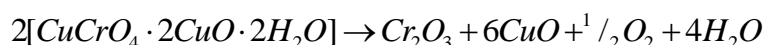
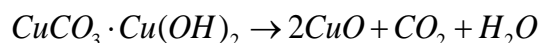
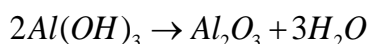
Приготовление контактной массы НТК-4 включает следующие производственные стадии:

- приготовление рабочих растворов и суспензий;
- смешение исходных составляющих;



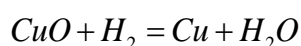
- термообработка (сушка и прокаливание) катализаторной массы;

Прокаливание проводится при температуре 450–500 °С в течение 6–8 ч и сопровождается следующими реакциями:



- смешение прокаленной контактной массы с раствором бихромата меди и графитом;
- таблетирование контактной массы;
- восстановление катализатора.

Восстановление протекает по реакции:



Основные показатели, характеризующие работу катализаторов, обеспечивающих низкотемпературную конверсию монооксида углерода в промышленных условиях, приведены в таблице 2 [5].

Таблица 2 – Основные эксплуатационные показатели катализаторов НТК

Показатель	Значение
Температура, °С	
максимально возможная на входе в слой катализатора,	190–200
максимально допустимая в слое катализатора	250–280
Объемная скорость, ч ⁻¹	2000–5000
Соотношение пар:газ	0,5–0,7
Степень превращения СО, %	90–98
Срок службы катализатора, годы	2–5

1.3.2 Промышленные катализаторы

На сегодняшний момент современные производители выпускают катализаторы, которые служат длительное время. Примером долгосрочных катализаторов являются НТК-4У, НТК-10А и НТК-8. Катализатор марки НТК-4У используется в производстве аммиака при проведении процесса конверсии монооксида углерода с водяном паром. В конверторе температура поддерживается от 200 до 260°C, а на выходе аппарата температура газа не более 300°C. Конверсия протекает под давлением до 3,0 Мпа, при этом соотношение пара к газу 0,4-0,8. Он значительно снижает содержание СО на выходе аппарата до 0,5%об. Основными составляющими катализатора являются:

- оксид меди (CuO);
- оксид цинка (ZnO);
- оксид хрома (Cr_2O_3);
- оксид алюминия (Al_2O_3) которые выпускается в виде цилиндрических таблеток [5].

1.4 Низкотемпературная конверсия монооксида углерода

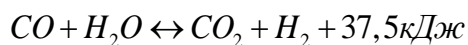
В аммиачном производстве, технологические газы, которые образуются в результате каталитической паровоздушной конверсии природного газа имеют в составе до 11% монооксида углерода, который в свою очередь является ядом для катализаторов синтеза аммиака.

Для уменьшения содержания монооксида углерода до минимума технологические газы проходят двухстадийную конверсию. Первая стадия конверсии проводится на среднетемпературном катализаторе при температуре не более 450°C. А вторая стадия при температуре не выше 260°C на низкотемпературном катализаторе [6].

Многочисленные исследования показывают, что при эксплуатации нового низкотемпературного катализатора, температуру газа на входе конвертора желательно держать по возможности более низкой, но не менее 200°C при условии достижения установленной степени конверсии. По мере

старения катализатора постепенно можно повышать температуру, но не выше 260°С на выходе из конвертора [5].

Конверсия монооксида углерода водяным паром протекает по реакции:



На стадии конверсии метана в трубчатой печи, данная реакция отчасти протекает, но степень превращения монооксида углерода при этом очень мала и в составе выходящем газе из конвертора содержится до 11% об. Для уменьшения содержания монооксида углерода и достижения максимальных количеств водорода в технологическом газе осуществляют самостоятельную стадию каталитической конверсии монооксида углерода с водяным паром.

На рисунке 1 показан радиальный конвертор монооксида углерода, работающий под давлением 2,0 МПа.

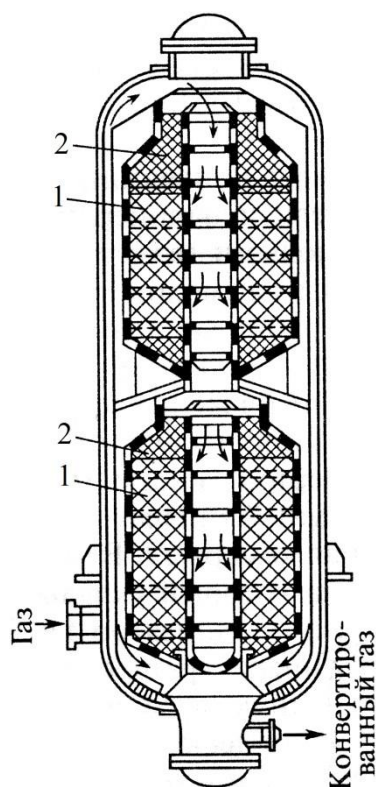


Рисунок 1 – Радиальный конвертор оксида углерода, работающий под давлением 2,0 МПа. 1 — основные слои катализатора; 2 — запасные слои катализатора

1.5 Методы получения оксидов меди

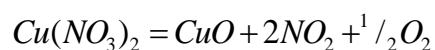
Существует множество способов получения оксидов металлов. Распространение оксидов меди обусловлено не только каталитическими свойствами в реакциях окисления, но также дешевизной их получения.

Методы получения нанопорошков можно условно разделить на физические, химические и механические. К физическим относятся газофазный синтез (испарения и конденсация), электрический взрыв, детонационная обработка и др. К химическим – плазмохимический, термический, лазерный синтезы, осаждение и др. Механические методы заключаются в истирании веществ в мельницах. Оксиды меди получают электровзрывом, лазерной абляцией, золь-гель методом. Далее будут рассмотрены основные методы получения оксидов меди.

1.5.1 Разложение кислородсодержащей соли меди

Данный способ также используется для получения катализаторов и заключается в термическом разложении основной кислородсодержащей соли либо её порошка. В качестве кислородсодержащей соли используют нитрат, карбонат и сульфат меди.

Получение из нитрата состоит в прокаливании порошка нитрата меди или основного нитрата меди до прекращения выделения паров двуокиси азота. Разложение протекает по следующей реакции:



При отсутствии соответствующих солей меди возможно получение нитрата меди растворением меди в азотной кислоте с последующим выпариванием и прокаливанием. В процессе выпаривания воды необходимо помешивать раствор, особенно в момент интенсивной кристаллизации, таким образом, чтобы дальнейшему нагреву и разложению подвергался не монолитный

кусочек сплава нитрата, а порошок. В таком случае реакция разложения будет идти более спокойно с получением оксида меди хорошей дисперсности.

Промышленный способ включает нагревание нитрата меди до температуры 150-180°C, добавление воды при температуре не менее 60°C, последующую экстракцию примесей металлических ионов из нитрата меди в жидкую фазу и термическое разложение твердого продукта при температуре 350-450°C [7]. Также возможно получение оксида меди при термической обработке твердой азотнокислой меди при перемешивании в атмосфере, содержащей 85 - 98 % об. водяного пара при 200 - 300°C [8].

Способ получения оксида меди (II) из карбоната включает термическую обработку твердого карбоната меди, а термическую обработку ведут в атмосфере, содержащей 85-98 % об. водяного пара [9]. Аналогично получают оксид из сульфата меди [10].

Недостатком известного способа является сложность проведения технологического процесса получения оксида меди, обусловленного необходимостью проведения термического разложения твердого продукта при температуре 350-450°C. Также то, что соединения в момент получения представляют собой рыхлые гигроскопичные осадки с большой сорбционной емкостью по катионам, отмыть которые от посторонних катионов непросто. В результате получается оксид, содержащий до 10 % посторонней соли, что сильно изменяет его свойства.

1.5.2 Электрохимический метод

В данный момент в производстве этот метод применяется при получении оксидов. Электрохимический метод имеет следующие недостатки:

- пассивация электродов — которая влияет к снижению скорости образования оксидов;
- использование инертных по отношению к процессу, специально приготовленных электродов.

С помощью электролиза на постоянном токе не удастся получить смесь оксидов различных элементов. Это связано со спецификой протекания электродных процессов, т.е. строго определенными потенциалами протекания различных электрохимических реакций.

При осаждении некоторых металлов, когда катодная плотность тока существенно не меняется при значительных изменениях напряжения на катоде и при обеднении прикатодного слоя, имеется тенденция к образованию компактного осадка. Так ведут себя Fe, Ni, и Co. Есть металлы противоположного типа, например, Cu, Ag, Zn и Cd. При их осаждении изменение плотности тока сопровождается незначительным изменением напряжения осаждения. Эти металлы склонны к образованию осадков в виде губки или порошка [11].

Для всех способов получения оксидов в процессе электролиза на постоянном токе характерны общие недостатки: необходимость использования и обслуживания дорогостоящего оборудования для выпрямления переменного тока, увеличения за счет этого производственных площадей, применение дефицитных материалов электродов и специальная их обработка с целью получения антикоррозионных покрытий, значительный расход электрической энергии. В большинстве случаев данным способом невозможно получить порошки оксидов металлов с размером частиц менее 500 нм. Несмотря на эти недостатки, электрохимический синтез неорганических соединений занимает существенное место в химической промышленности.

1.5.3 Осаждение из растворов

Основные показатели химических производств определяет качество катализаторов. К основным показателям относятся: скорость образования, выход полезного продукта, длительность непрерывной работы реакторов и интенсивность процесса. В промышленности для синтеза катализаторов применяют разнообразные исходные вещества. Которые в составе не должны иметь вредных примесей и химический состав должно быть постоянным [12].

Данным способом получают оксид меди с развитой удельной поверхностью и до 80% всех оксидных катализаторов. Достоинством данного способа является возможность в широких диапазонах варьировать внутреннюю поверхность катализаторов.

Метод осаждения из растворов состоит из следующих стадий:

- Приготовление растворов исходных реагентов
- Осаждение коагеля
- Старение коагеля
- Фильтрование осадка
- Отделение осадка от примесей (промывка)

После промывки осадка осуществляется формования:

- Сушка осадка
- Прокаливание контактной массы
- Измельчение контактной массы
- Сухое формование катализатора

Осаждение. На практике осаждение проводят в периодическом и непрерывном режимах. При осаждении в периодическом режиме в раствор исходных компонентов вливают раствор осадителя. В таком режиме осаждение идет при постоянном изменении условий (концентрации и pH среды) и осадок получается неоднородным по составу и дисперсности даже при интенсивном перемешивании.

При непрерывном режиме на протяжении всего процесса в реактор подают растворы исходных веществ, а из реактора непрерывно отводят образующийся осадок в виде суспензии, которые затем отправляют на фильтрацию и промывку. В этом случае осадок получается более однородный. Осаждения проводят в реакторах периодического и непрерывного действия с мешалками различных конструкций.

Все параметры процесса по их отношению к образующейся системе осадок – раствор можно разделить на внутренние и внешние. Внутренними параметрами системы являются: значение pH среды, мольное соотношение реагентов, концентрация и пересыщение раствора, затравка осадком. Внешними параметрами системы являются: температура, фактор времени и давление.

Зависимость выбора главного параметра от применяемого метода осаждения можно проследить, сравнивая роль пересыщения раствора при периодическом и непрерывном процессах осаждения.

Известно множество методов осаждения из растворов, применяемой в химической промышленности. Все распространенные методы химического осаждения можно разделить на:

- Периодические;
- Полунепрерывные;
- Непрерывные.

Периодический процесс осаждения в системах с осадками постоянного состава. Пересыщение раствора было первым из изученных параметров с применением периодического осаждения. Воздействие пересыщения на осадок имеет двойной характер. С одной стороны, его влияние положительно, так как выполняет функцию движущей силы при построении и росте новой твердой фазы. С другой стороны, приводит к ограничению и прекращению роста частиц и ухудшает свойства осадка из-за их агрегирования в более крупные частицы [13].

Фильтрация. В процессе фильтрации полученного осадка используются специальные устройства – фильтры или центрифуги. Движущей силой процесса центрифугирования является центробежная сила, которая достигает больших значений, чем в процессе фильтрации. В результате осадок остается в роторе, а дисперсионная среда удаляется [12].

Сушка (обезвоживание осадков и гелей) является обязательной стадией процесса подготовки систем на основе осадков и гелей, полученных различными методами. Сушка играет большую роль в процессе приготовления потому что,

именно на этой стадии происходит формирование текстуры и других физических свойств катализаторов. После промывки осадки содержат 10-60% влаги, которую необходимо удалить. В практике используют различные способы сушки материалов.

Одной из важнейших операций при приготовлении контактных масс является прокаливание. На этой стадии чаще всего получается собственно активное вещество катализатора. Условия прокаливания (температура, скорость нагрева, среда) в значительной мере определяют средний диаметр пор и размер поверхности полученной контактной массы.

На практике иногда совмещают операции сушки и прокаливания в одних аппаратах, изменяя последовательно температурный режим. В этом случае объединенный процесс называется термообработкой.

Данный способ заключается в сливании растворов медного купороса и едкого натра, отделении выделившегося осадка оксида меди и дальнейшая обработка (промывка от сульфат-ионов, сушка, прокаливание).

Осаждение ведётся в горячем растворе при 90°C, при этом сразу получается оксид меди (II) по реакции:



Также используют раствор гидроксида аммония вместо едкого натра [3].

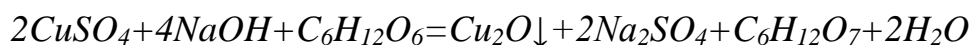
Существует ряд нововведений, которые улучшают качество оксида меди:

- использование для отделения осадка электролиза для получения активного оксида меди, пригодного для создания высокоэффективного катализатора конверсии монооксида углерода [14];
- сливание растворов в мольном соотношении 1:2,2, промывка осадка водой затем десятипроцентным раствором аммиака, выдерживание осадка при температуре 100°C в течение 5-6 часов, что позволяет получить оксид меди с повышенной удельной поверхностью ($S_{уд}=130 \text{ м}^2/\text{г}$) [15];

– взаимодействие растворов до остаточного содержания гидроксида натрия менее 1,5 % для улучшения качеств катализатора [16].

Для получения оксида меди методом осаждения можно использовать медную соль N,N'-динитромочевины. Указанную соль меди подвергают непосредственному взаимодействию с органическим растворителем, в качестве которого используют диметилсульфоксид или диметилформамид. Полученный раствор нагревают при температуре 110-150°C в течение 1-6 ч, а из образованной суспензии выделяют порошок оксида меди. Способ позволяет получить качественный целевой продукт высокой степени чистоты, однородности и дисперсности при существенном повышении технологичности и экологичности процесса [17, 18].

Оксид меди (I) данным способом можно получить, восстанавливая ион Cu^{2+} глюкозой в присутствии щёлочи по реакции:



Сущность данного способа: сливают растворы медного купороса и глюкозы. Смесь фильтруют, следя чтобы фильтрат был абсолютно прозрачным. К фильтрату, нагретому до 32-35°C (температура влияет на качество полученного оксида) приливают раствор NaOH. Через час осаждение Cu_2O заканчивается, осадок отделяют, промывают и сушат при температуре 40-75°C [3].

Достоинством данного метода является дешевизна, простота работы и возможность проведения в лабораторных условиях, поэтому на данной работе выбрано именно этот способ синтеза оксид меди.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика объектов исследования

При проведении экспериментов в качестве исходных веществ использовались:

- Сульфат меди (пятиводный) марки ХЧ по ГОСТ 4165-78;
- Карбонат натрия марки ХЧ по ГОСТ 8379;
- Дистиллированная вода для приготовления растворов солей и промывки продуктов.

В таблице 3 приведен состав сульфата меди, в таблице 4 – состав карбоната натрия по их ГОСТам.

Таблица 3 – Химический состав сульфата меди марки ХЧ по ГОСТ 4165-78 [19].

Наименование показателя	Норма
1 Массовая доля 5-водной сернокислой меди (II) ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), %, не менее	99,5
2 Массовая доля нерастворимых в воде веществ, %, не более	0,002
3 Массовая доля общего азота(N), %, не более	0,001
4 Массовая доля хлоридов (Cl), %, не более	0,0005
5 Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,001
6 Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,0005
7 Массовая доля неосаждаемых сероводородом в виде сульфатов, %, не более	0,05
8 Массовая доля никеля (Ni), %, не более	0,002

Таблица 4 – Химический состав карбоната натрия марки по ХЧ по ГОСТ 8379 [20].

Наименование показателя	Норма
1 Массовая доля углекислого натрия (Na_2CO_3) в прокаленном препарате, %, не менее	99,8
2 Массовая доля потерь при прокаливании, %, не более	0,25
3 Массовая доля не растворимых в воде веществ, %, не более	0,004
4 Массовая доля общего азот (N), %, не более	0,001
5 Массовая доля кремнекислоты (SiO_2), %, не более	0,003
6 Массовая доля общей серы в пересчете на сульфаты (SO_4), %, не более	0,002
7 Массовая доля фосфатов (PO_4), %, не более	0,001
8 Массовая доля хлоридов (Cl), %, не более	0,001
9 Массовая доля алюминия (Al), %, не более	0,0003
10 Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,0003
11 Массовая доля калия (K), %, не более	0,005
12 Массовая доля кальция и магния в пересчете на Mg, %, не более	0,005
13 Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,00002
14 Массовая доля тяжелых металлов (Pb), %, не более	0,0005

В результате осаждения из растворов образуется промежуточный продукт малахит.

Малахит – $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ или $\text{Cu}[\text{CO}_3]\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$. Основной карбонат меди, имеет зелёный цвет.

Химический состав. Состоит из 71,9% CuO оксид меди (Cu 57,4%), 19,9% CO_2 углекислоты и 8,2% H_2O воды. Устаревшее химическое название – медная зелень углекислая. Сингония моноклинная. Черта бледно-зеленая. Блеск стеклянный до алмазного, у волокнистых разновидностей шелковистый [21]. Температура разложения малахита составляет 200°C [22].

2.2 Методика проведения экспериментов

При проведении экспериментальных исследований применялись ниже приведенные методики.

2.2.1 Получение продукта в результате периодического осаждения, промывки, сушки и прокаливания

2.2.2 Определение фазового состава продуктов

Для определения фазового состава полученных продуктов использовали метод рентгенофазового анализа. Рентгенофазовый анализ является методом качественного или количественного определения числа и соотношений кристаллических фаз в системах различной сложности. Метод основан на индивидуальной картине расположения дифракционных колец и их интенсивностей для каждой кристаллической фазы [27].

В результате рентгенофазового анализа продуктов были получены рентгенограммы. Фазовый состав продуктов осаждения определили методом сравнения экспериментальных рентгенограмм с соответствующими линиями рентгенограмм табличных величин. При их совпадении делается вывод о правильном определении вещества и его кристаллической модификации. Задачей данного исследования является изучение фазового состава продуктов осаждения. Исследование проводили для образцов, полученных при различных условиях.

2.2.3 Методика определения суммарного объема пор по адсорбции паров бензола

В предварительно взвешенный на аналитических весах пустой бюкс с крышкой помещали около 0,5 г исследуемого вещества, затем взвешивали бюкс с навеской. Каждому бюксу присваивали номер. Далее бюкс помещали на фарфоровую подставку в эксикатор, нижняя часть которого заполнена бензолом. Повторное взвешивание бюкса производили через 24 часа. Взвешивание проводили в аналитических весах и значение массы записывали точно до четвертого десятичного знака.

Суммарный объем пор рассчитывался по следующей формуле 1:

$$\Sigma V_n = \frac{\Delta G}{b\rho}, \quad (1)$$

где ΣV_n – суммарный объем пор, см³/ г;

ΔG – привес адсорбента за счет поглощения бензола, г;

b – навеска материала, г;

ρ – плотность бензола, при 20°С, = 0,876 г/см³

2.2.4 Определение истинной плотности пикнометрическим методом

В керамической технологии и в технологии порошковой металлургии плотность материала определяется практически на всех технологических этапах и в значительной степени определяет эксплуатационные свойства изделия.

Пикнометрический метод удобен тем, что он пригоден для определения удельного веса любого исследуемого вещества и требует лишь небольшого количества этого материала.

Широкое распространение получила жидкостная пикнометрия, использующая в качестве пикнометрических веществ жидкости, благодаря простоте, высокой точности и воспроизводимости результатов. Все разновидности метода основаны на объемном или весовом определении количества пикнометрической жидкости, заполняющей поры твёрдого тела или вытесняемой им при погружении в жидкость. В описываемом данном методе для

измерения плотности твердых тел используют сосуды строго определенного объёма – пикнометры [28].

В сухой пикнометр поместили сухую навеску продукта примерно на 1/3 объема пикнометра, взвесили массу сухого пикнометра с навеской и залили пикнометрическую жидкость, в нашем случае воду на 2/3 объема пикнометра. При полной пропитке образца пикнометр устанавливали в предварительно нагретую песчаную баню на 15 минут. После термостатирования пикнометр охлаждали до комнатной температуры и доводили пикнометрической жидкостью до метки и взвешивали.

Истинная плотность исследуемого материала рассчитываем по формуле:

$$d = \frac{P_1 - P_0}{P_3 + (P_1 - P_0) - P_2}, \text{ г/см}^3 \quad (2)$$

P_0 – вес пустого пикнометра, г;

P_1 – вес пикнометра с навеской, г;

P_2 – вес пикнометра с навеской и пикнометрической жидкостью, г;

P_3 – вес пикнометра с пикнометрической жидкостью, г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Алиеву Азизбеку Абдулазиз угли

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Научно-техническое исследование проводится в лабораторной аудитории №103 ^а , 2 корпус, ИШНПТ, ТПУ, кафедра общей химической технологии. В работе над проектом задействованы 2 человека: научный руководитель и студент-дипломник
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Потенциальные потребители результатов исследования; - Анализ конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- Структура работ в рамках научного исследования; - Определение трудоемкости выполнения работ; - Разработка графика проведения научного исследования; - Бюджет научно-технического исследования (НТИ)
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Анализ и оценка научно-технического уровня проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Алиев Азизбек Абдулазиз угли		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В последние годы большой интерес для производств оксида меди представляют разработки, имеющие высокую коммерческую ценность, так как использование оксида меди находит более широкое применение, чем сам металл.

Согласно [29], оксид меди находит широкое применение в следующих сферах:

- CuO используют при производстве стекла и эмалей для придания им зелёной и синей окраски;
- В производстве медно-рубинового стекла
- В лабораториях применяют для обнаружения восстановительных свойств веществ;
- При сварке медными сплавами;
- В производстве катализаторов.

По последним данным стоимость оксида меди составляет 320 000 рублей на 1 тонну продукта, а стоимость катализатора для конверсии монооксида углерода составляет от 879 100 рублей [30, 31].

Таблица 9 – Производители катализаторов НТК

Производители катализаторов для конверсии монооксида углерода		Марка продукции
1	ООО "НИАП-КАТАЛИЗАТОР" [32]	NIAP-06-06, НТК-4
2	ООО "Хальдор Топсе" [31]	LK-801, LK-821-2, LK-823, LK-853 FENCE™, MK-121, MG-921, MK-151+ FENCE™
3	АО "МАХАМ-CHIRCHIQ"[33]	”НТК-4У”
4	СКТБ «Катализатор» [34]	АОК-71-23, АОК-71-24

4.2 SWOT-анализ

Результаты всех этапов SWOT-анализа представлены в таблице, где приведены сильные и слабые стороны научно-исследовательского проекта, а также возможности и угрозы.

Таблица 10 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая чистота получаемых продуктов. С2. Легкая контролируемость процесса. С3. Квалифицированный персонал. С4. Исследования по данной теме проводятся только в НИ ТПУ. С5. Простота аппаратурного оформления процесса.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Дорогостоящее оборудование. Сл2. Длительность эксперимента. Сл3. Трудоемкость процесса получения продуктов. Сл4. Дефицитное сырье. Сл5. Высокий класс опасности веществ.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В2. Возрастающий спрос на порошки оксидов. В3. Возрастающий спрос на производство катализаторов. В4. Развитие отрасли производства наноматериалов. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.	Использование инновационной инфраструктуры ТПУ позволяет получать продукты высокой чистоты, при этом процесс легко контролируется, прост в оформлении. Исследования по данной теме проводятся только в НИ ТПУ. Возрастающий спрос на производство катализаторов способствует увеличению отрасли производства наноматериалов и вследствие повышение интереса к данной теме.	Для проведения экспериментов по данной теме требуется дорогостоящее оборудование. Процесс длительный и трудоемкий.
Угрозы: У1. Низкий уровень инвестиций в развитие отрасли наноматериалов в России. У2. Рост цен на исходное сырье (медь) У3. Рост цен на электроэнергию.	Увеличить производство медного купороса из-за недостаточного объема и высокой цены. Производство CuO осложняется из-за недостаточного объем производства медного купороса, высокая стоимость и дефицитность медного купороса.	Из-за дорогостоящего оборудования и дефицитного сырья инвестиции в данной области находятся на низком уровне. Ввести дополнительные государственные требования к сертификации продукции и быстрое развитие технологии синтеза оксидов меди за

У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции. У5. Быстрое развитие технологии синтеза оксидов меди за пределами России.		пределами России делает процесс более длительным и трудоемким.
---	--	--

Ниже приведены интерактивные матрицы различных полей проекта (таблицы 11 – 14), анализ которых приведен в таблице 2.

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	0	+	+	+
	B3	+	+	+	0	0
	B4	+	0	+	0	+
	B5	+	-	0	+	0

Таблица 12 – Интерактивная матрица полей «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	+	+	-	-
	B2	0	0	+	+	0
	B3	+	0	+	-	0
	B4	0	+	+	-	0
	B5	+	0	0	+	0

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	0	0	+	-
	У2	0	-	-	+	0

	У3	0	0	0	+	0
	У4	+	+	+	0	0
	У5	0	0	+	+	0

Таблица 14 – Интерактивная матрица полей «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	-	-	+	-
	У2	-	-	-	+	0
	У3	0	+	-	0	-
	У4	-	-	+	+	+
	У5	+	-	-	+	0

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

При выполнении научных исследований в состав рабочей группы входят: научный руководитель, инженер и бакалавр. Ниже приведена таблица перечня этапов работы и распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	3	Проведение патентных исследований	Бакалавр

Продолжение таблицы 15.

	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение лабораторных исследований	Бакалавр, лаборант
	7	Расчет данных эксперимента	Бакалавр, Научный руководитель
	8	Графическое представление экспериментальных данных	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ и сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр, Научный руководитель
	10	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

В таблице 16 представлены временные показатели проведения научно - исследовательской работы.

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работ	Трудоемкость работ			Исполнители	T _{pi} , раб.дн.	T _{ki} , кал.дн.
	t _{min} , чел- дни	t _{max} , чел- дни	t _{ож} , чел- дни			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Р	0,7	1
Выбор направления исследований	1	2	1,4	Р	0,7	1
Подбор и изучение материалов по теме	16	22	18,4	И	9,2	14
Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	Р	0,7	1
Проведение патентных исследований	3	4	3,4	И	1,7	3
Проведение лабораторных исследований	20	22	20,8	И	10,4	15
Расчет данных эксперимента	1	2	1,4	Р	0,7	1
	4	7	5,2	И	2,6	4
Графическое представление экспериментальных данных	2	3	2,4	Р	1,2	2
Анализ и сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2	4	2,8	Р	1,4	2
	2	4	2,8	И	1,4	2
Оценка эффективности полученных результатов	9	11	9,8	Р	4,9	7
Итого				Р	10	15
				И	25	38

Таблица 17 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ													
		февр		март			апрель			май			июнь		
		2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель														
Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр														
Проведение патентных исследований	Бакалавр														
Выбор направления исследований	Научный руководитель														
Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель														
Проведение лабораторных исследований	Бакалавр, инженер														
Расчет данных эксперимента	Бакалавр, Научный руководитель														
Графическое представление экспериментальных данных	Бакалавр														
Анализ и сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр, Научный руководитель														
Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель														

4.4 Бюджет научно-технического исследования

4.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса.

Все затраты на оборудование, реактивы, лабораторную посуду и средства защиты, а также затраты на электроэнергию приведены в таблицах 18 – 23.

Таблица 18 – Материальные затраты на оборудование

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб	Срок эксплуатации, лет	Амортизация, руб
Весы аналитические [35]	1	44 600	44 600	10	4 460
Термостат [36]	1	26 760	26 760	-	-
Источник питания [37]	1	56 660	56 660	7	8 094,29
Вольтметр [38]	1	15 000	15 000	-	-
Термометр [39]	1	510	510	-	-
Итого:			54 824,29 рублей		

Таблица 19 – Материальные затраты на реактивы для одного опыта

Наименование	Масса, кг	Стоимость с НДС, руб/кг	Сумма, руб
Медный купорос [40]	0,1	200	20
Карбонат натрия ХЧ [41]	1	150	150
Итого:			170

Таблица 20 – Материальные затраты на лабораторную посуду

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Колба, 1000 мл [42]	6	160	960
Стакан мерный, 250 мл [43]	2	50	100
Ареометр [44]	3	500	1 500
Итого:			2 560

Таблица 21 – Материальные затраты на средства защиты

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Маска [45]	2	3 400	6 800
Халат [46]	2	1 000	2 000
Перчатки [47]	1	557	557
Итого:			9 357

Таблица 22 – Материальные затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы, ч	Потребление электроэнергии прибором, кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч	Сумма, руб
Весы аналитические	10	0,004	2,7	0,11
Термостат	84	0,6		136,08
Источник питания	42	0,16		18,14
Вольтметр	42	0,02		2,27
Итого:				156,6

Таблица 23 – Общие материальные затраты на научно-технические исследования

Вид затрат	Сумма, руб
Материальные затраты на реактивы	170
Материальные затраты на лабораторную посуду	2 560
Материальные затраты на средства защиты	9 357
Материальные затраты на электроэнергию	156,6
Материальные затраты на оборудование	54 824,29
Итого:	67067,89

4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Оклад руководителя от ТПУ (доцента, к.т.н) составляет 33664 рубля (без учета районного коэффициента). Оклад инженера составляет 26300 руб. (без учета районного коэффициента), (принято на основе данных с окладов профессорско-преподавательского состава и дипломников-студентов).

Таблица 24 – Баланс рабочего времени за 2019

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: (выходные дни/ праздничные дни)	44 14	48 14
Потери рабочего времени: отпуск невыходы по болезни	56 1	28 1
Действительный годовой фонд рабочего Времени	250	274

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{окл} , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	33664	1,3	43763,2	1820,55	10	9102,75
Инженер	26300	1,3	34190	1297,72	25	85649,52
Итого З _{осн} = 94 752,27						

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб.	$З_{\text{зп}}$, руб.
Руководитель	9102,75	1092,33	10195,1
Инженер	85649,52	10277,94	95927,46

4.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (5)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, 27,1%.

В таблице 27 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 27 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	9102,75	1092,33
Инженер	85649,52	10277,94
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Итого: 28 759,24		

4.4.4 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} \quad (6)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

4.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Руководитель	Инженер	
1. Материальные затраты НТИ	170		Табл.18
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	67 067,89		Табл.23
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	9102,75	85649,52	Табл.25
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	1092,33	10277,94	Табл.26
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28 759,24		Табл.27
6. Накладные расходы	32 311,94		16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ			

Как видно из таблицы 28 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

4.5 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (табл. 28). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (7)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (8)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i – го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i – го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 30.

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта	0,25	10	9	5
2. Чистота получаемого продукта	0,20	9	4	5
3. Экологичность	0,10	9	4	5
4. Стоимость	0,20	9	5	5
5. Надежность	0,10	9	9	9
6. Активность	0,15	10	9	9
ИТОГО	1			

Аналог 1 – электрохимический синтез.

Аналог 2 – газофазное химическое осаждение.

$$I_{p-ucn1} = 10 \cdot 0,25 + 9 \cdot 0,20 + 9 \cdot 0,1 + 9 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,1 + 10 \cdot 0,15 = 9,4;$$

$$I_{p-ucn2} = 9 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,20 + 9 \cdot 0,10 + 9 \cdot 0,15 = 6,7;$$

$$I_{p-ucn3} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,20 + 9 \cdot 0,10 + 9 \cdot 0,15 = 6.$$

Заключение по разделу

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности, то есть получение оксида меди методом периодического осаждения более эффективно, так как меньше материалоемкость, больше выход продукта.

С позиции финансовой и ресурсной эффективности из всех предложенных вариантов проект данной работы является наиболее выгодным.

ВЫВОДЫ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ